

# ВЛИЯНИЕ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СКЛОННОСТЬ К КОРРОЗИИ АРМАТУРНОЙ СТАЛИ

**Педан Д.Н.**

*Руководитель – профессор, д.т.н. Алимов В.И.*

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк,  
alim41@mail.ru

Коррозия стальной арматуры является распространенной причиной потери прочности и устойчивости железобетонных конструкций. Развитие коррозии арматуры в зависимости от условий ее работы и свойств металла может привести к преждевременному пластическому течению арматурных стержней или к их хрупкому обрыву. Переход на производство стальной арматуры из непрерывно литой заготовки также может проявиться на них. Причинами такого разрушения могут быть деформация при нагружении, статистические и динамические нагрузки, а также натяжение при укладке арматуры в бетон.

Целью настоящей работы являлось установление влияния горячей деформации на склонность к общей коррозии арматурных стержней из непрерывно литой заготовки.

Для исследований использовали образцы из стали СтЗпс и СтЗсп, отрезанные от арматурных стержней № 18 и 25 класса А400с соответственно. Химический состав (% масс.) и механические свойства были следующими: для СтЗпс: 0,18С, 0,46Мн, 0,05Si, 0,38S, 0,11P, 0,03Cr, 0,02Ni, 0,01Cu;  $\sigma_b = 610$  Н/мм<sup>2</sup>,  $\sigma_t = 508$  Н/мм<sup>2</sup>,  $\delta = 21\%$ ; для СтЗсп: 0,16С, 0,61Мн, 0,18Si, 0,020S, 0,018P, 0,06Cr, 0,09Ni, 0,25Cu;  $\sigma_b = 533$  Н/мм<sup>2</sup>,  $\sigma_t = 429$  Н/мм<sup>2</sup>,  $\delta = 25\%$ .

Арматурные стержни прокатывали в условиях Донецкого металлопрокатного завода из непрерывно литой заготовки стали, выплавленной в электродуговой печи с графитовыми электродами в условиях Кураховского завода «Электросталь». Разлитую в ковш сталь обрабатывали в установке «печь-ковш» при температуре 1540-1560 °С. Сталь продували аргоном для перемешивания и удаления вредных примесей. На МНЛЗ после кристаллизации сталь подвергали спрейнному охлаждению в три стадии с различными объемом и интенсивностью охлаждения.

Отобранные образцы подвергали горячей деформации. Аустенитизацию осуществляли в трубчатой печи Т-40/600 при температуре 950 °С и выдерживали из расчета 1,5 мин/мм сечения. Далее проводили деформацию на прокатном стане ДУО-100 с гладкими валками с различными степенями деформации. Охлаждали образцы в воде и на воздухе. Испытания на электрохимическую коррозию проводили в 10%-ом водном р-ре H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и в морской и шахтной воде. Кратковременные испытания в растворе серной кислоты проводили в течение 40 мин., длительные испытания в воде – в течение 30 дней. Устойчивость к коррозии оценивали по объемному и массовому показателю.

В случае упрочнения предварительно нагретых и прокатанных образцов в воде твердость выше (НВ 270), чем после упрочнения на воздухе (НВ 150). При охлаждении в воде образуется структура пакетного мартенсита, а при охлаждении на воздухе – феррито-перлитная структура с зерном феррита № 6-7 по ГОСТ 5639-82.

Испытания образцов на электрохимическую коррозию в 10% -м водном р-ре  $H_2SO_4$  показали, что, чем выше степень деформации, тем меньше показатель коррозии как при охлаждении в воде, так и на воздухе (рис.1), но при охлаждении в воде он всегда значительно меньше, чем при охлаждении на воздухе.

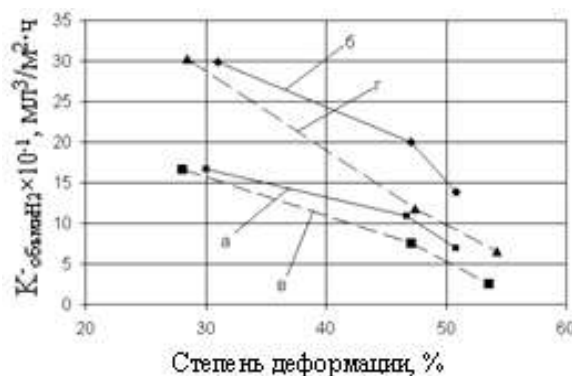


Рисунок 1 - Изменение показателя коррозии в зависимости от степени деформации при охлаждении арматуры №:

18: а – в воде; б – на воздухе;

25: в – в воде; г – на воздухе

Показатель коррозии в морской и шахтной воде уменьшается с увеличением степени деформации (рис.2). В морской воде коррозия протекает быстрее, чем в шахтной, что свидетельствует о ее более высокой агрессивности.

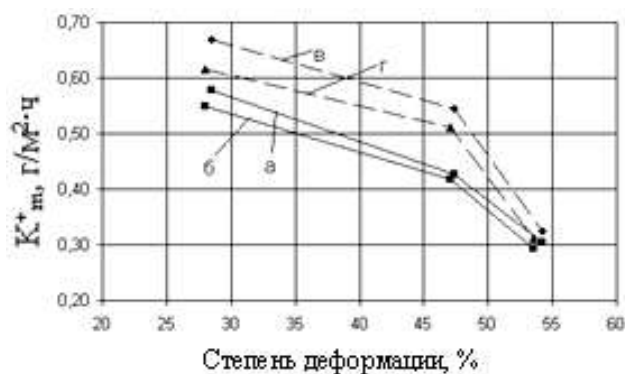


Рисунок 2 - Зависимость изменения показателя коррозии от степени деформации: а – в шахтной воде при охлаждении на воздухе; б – в шахтной воде при охлаждении в воде; в – в морской воде при охлаждении на воздухе; г – в морской воде при охлаждении в воде

Проведенные эксперименты дают возможность описать кинетику электрохимической коррозии исследуемой арматуры. Полученные уравнения объема выделившегося водорода при проведении электрохимической коррозии

арматуры № 18 и 25 из стали СтЗпс и СтЗсп класса соответственно А400с в 10%-ом водном р-ре  $H_2SO_4$  приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Зависимость объема выделившегося водорода (мл) при электрохимической коррозии арматуры № 28 и 25 из стали СтЗпс и СтЗсп класса соответственно А400с в 10%-ом водном р-ре  $H_2SO_4$

Номер арматуры	Степень деформации, %	Среда охлаждения	Зависимость $V_{\text{объем, H}_2} = f(\tau)$
18	31	воздух	$-0,01049+0,01753*(\tau)^{1,5}$
	47,1		$-0,61028+0,01799*(\tau)^{1,5}$
	50,8		$-0,52036+0,01084*(\tau)^{1,5}$
	30	вода	$\exp(1,60664-215,2041/(\tau)^{1,5})$
	46,7		$\exp(1,95299-350,5029/(\tau)^{1,5})$
	50,8		$\exp(0,79555-219,4612/(\tau)^{1,5})$
25	28,5	воздух	$-5,4557+3,35797*\ln(\tau)$
	47,4		$-4,4581+1,8667*\ln(\tau)$
	54,2		$-6,30618+2,2806*\ln(\tau)$
	28	вода	$(2,99327-59,839/\tau)^2$
	47,1		$(2,83421-36,699/\tau)^2$
	53,5		$(2,63972-67,6414/\tau)^2$

Видно, что зависимости показателя коррозии от времени испытания для случая термоупрочнения арматуры №18 из стали СтЗпс на воздухе характеризуются степенной зависимостью, для случая термоупрочнения арматуры в воде – экспоненциальной зависимостью, в случае же термоупрочнения арматуры №25 из стали СтЗсп на воздухе – логарифмической, а при термоупрочнении в воде – обратной линейной зависимостью.

Повышение устойчивости к общей коррозии как в кислых, так и нейтральных средах при повышении степени деформации может быть связано с уменьшением суммарной протяженности границ аустенитных зерен за счет их вытянутости, в результате чего суммарный коррозионный ток, ответственный за коррозионное разрушение, снижается. При одинаковых степенях деформации термическое упрочнение в воде обеспечивает более высокую устойчивость к коррозии из-за образования пакетного мартенсита, более однородного, чем смешанная феррито-перлитная структура, образующаяся при воздушном охлаждении.

Таким образом, устойчивость арматурной стали к общей коррозии может быть регламентирована варьированием параметров горячей деформации.